



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bereitstellung von Unterdruck in einem Fahrzeug.

In Kraftfahrzeugen werden Einrichtungen eingesetzt, die mit Unterdruck betrieben werden. Als Beispiel sei ein Bremskraftverstärker genannt. In der Regel wird bei heutigen Fahrzeugen der Unterdruck durch den im Saugrohr einer Brennkraftmaschine herrschenden Unterdruck bereitgestellt. Bei modernen Brennkraftmaschinen, insbesondere bei direkteinspritzenden Ottomotoren oder bei Dieselmotoren, bzw. bei alternativen Antriebskonzepten wie Elektromotoren, steht die Unterdruckbereitstellung aus dem Saugrohr der Brennkraftmaschine nicht oder nicht immer zur Verfügung. So wird z. B. bei Ottomotoren mit Katalysatoren während einer Betriebsphase der Katalysator durch Spätzchen des Zündwinkels und Erhöhung der Luftzufuhr geheizt. In diesem Fall steht unter Umständen kein ausreichender Saugrohrunterdruck mehr zur Verfügung. Der eventuell nach dem Start aufgebaute Unterdruck im Druckspeicher der mit Unterdruck betriebenen Einrichtung ist nach kurzem Betrieb dieser Einrichtung, bei Bremskraftverstärkern nach wenigen Bremsvorgängen, aufgebraucht, so daß die Einrichtung nicht mehr oder nur eingeschränkt zur Verfügung steht. Im Beispiel ist keine Bremskraftverstärkung mehr wirksam. Ferner hat die Unterdruckentnahme aus dem Saugrohr Auswirkungen auf die Motorsteuerung. Durch diese Druckentnahme gibt es Fehler in der Erfassung der Luftmasse und somit Abweichungen im Luft-/Kraftstoffgemisch. Diese Abweichungen können zum Beispiel bei einer Katalysatorheizung mittels Sekundärlufteinblasung zum Zusammenbruch der die Heizung bewirkenden Thermoreaktion führen oder zur Anzeige eines Fehlers in der λ -Regelung. In Anwendungsfällen mit direkteinspritzenden Ottomotoren ergibt sich ein zusätzlicher Verbrauchsnachteil, wenn zur Erzeugung von Unterdruck vom Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb umgeschaltet werden muß. Generell besteht bei allen mechanisch getriebenen Vakuumpumpen sowohl bei der Verwendung in Benzinbrennkraftmaschinen als auch in Diesel- oder Elektromotoren die Schwierigkeit, daß bei stehendem Motor kein Unterdruck geliefert werden kann und somit die mit Unterdruck betriebenen Einrichtungen nicht zur Verfügung stehen (zum Beispiel Bremskraftunterstützung).

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren bzw. eine verbesserte Vorrichtung zur Bereitstellung von Unterdruck anzugeben.

Dies wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

In diesem Zusammenhang ist beispielsweise aus der DE-A 33 22 176 bekannt, eine Vakuumpumpe durch einen elektrischen Antriebsmotor anzutreiben. Ferner wird dort ein Druckschalter vorgeschlagen, der bei einem bestimmten Druckunterschied zwischen atmosphärischem Druck und dem im Vakuumkreis herrschenden Druck die Vakuumpumpe ein- beziehungsweise ausschaltet. Diese Vakuumpumpe dient unter anderem zur Versorgung eines Bremskraftverstärkers mit Unterdruck, wobei die Ausgangsleitung der Vakuumpumpe über eine Rückschlagventilanordnung an der Leitung angebracht ist, die zur Unterdruckversorgung des Druckspeichers eines Bremskraftverstärkers aus dem Saugrohr einer Brennkraftmaschine dient.

Vorteile der Erfindung

Die Bereitstellung von Unterdruck und damit die Verfügbarkeit von mit Unterdruck betriebenen Einrichtungen, bei-

spielsweise von Bremskraftverstärkern, wird verbessert. Insbesondere wird Unterdruck auch dann bereitgestellt, wenn der Antriebsmotor keinen Unterdruck liefert oder aufgrund der negativen Auswirkungen auf die Motorsteuerung eine solche Lieferung nicht erwünscht ist. Besonders vorteilhaft in diesem Zusammenhang ist, daß Unterdruck auch bei stehendem Motor und/oder in Betriebszuständen, in denen kein ausreichender Unterdruck infolge zusätzlicher Steuerungsmaßnahmen vorhanden ist, bereitgestellt wird.

Von besonderem Vorteil ist, daß eine negative Beeinflussung eines Katalysatorheizvorgangs und die damit negativen Auswirkungen auf die Abgasemissionen des Fahrzeugs bei Brennkraftmaschinen vermieden wird.

Besonders vorteilhaft ist, daß die Bereitstellung von Unterdruck auf zwei verschiedenen, redundanten Wegen erfolgt, zum einen über die Brennkraftmaschine, zum anderen über die Pumpe.

Vorteilhaft ist ferner, daß die Vakuumpumpe nur bei Bedarf auf zusätzliche Bereitstellung von Unterdruck eingeschaltet wird. Dadurch ergeben sich erhebliche Vorteile bei der Konstruktion der Vakuumpumpe, die keinen erhöhten Sicherheitsanforderungen und keiner erhöhten Lebensdauer unterworfen ist.

Besonders vorteilhaft, weil besonders kostengünstig, ist eine Lösung, die auf einen Drucksensor verzichtet.

Von besonderem Vorteil ist ferner die Integration der Ansteuerung der Vakuumpumpe in eine Steuereinheit zur Steuerung des Antriebsmotors, da dann die Übertragung der zur Durchführung der Ansteuerung erforderlichen Steuerungssignale des Antriebsmotors an andere Steuereinheiten entfällt.

Vorteilhaft ist ferner die Zusammenfassung der Vakuumpumpe mit Motor, der Ventile, der elektrischen Schaltmittel, ggf. des Drucksensors und von Drosseln in weiteren Unterdruckleitungen zur weiteren Verbrauchern in einem einfach einzubauenden Modul.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen beziehungsweise aus den abhängigen Patentansprüchen.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. **Fig. 1** zeigt dabei ein Übersichtsschaltbild der Anordnung eines Vakuummoduls mit Vakuumpumpe und ihrer Ansteuerung, während in den **Fig. 2 bis 4** anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele die bevorzugte Realisierung der Ansteuerung der Vakuumpumpe als Rechnerprogramm anhand von Fluß- bzw. Ablaufdiagrammen skizziert ist.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In **Fig. 1** ist ein Modul **10** dargestellt, welches zur Unterdruckversorgung von mit Unterdruck betriebenen Einrichtungen im Kraftfahrzeug dient. Als Beispiel für eine derartige Einrichtung ist ein Bremskraftverstärker **12** skizziert. Ferner sind Druckspeicher **14** anderer Einrichtungen zum Beispiel einer Lenkhilfe, etc. dargestellt. Eine Steuereinheit **16** sowie eine Brennkraftmaschine **18**, welche über ein Ansaugrohr **20** verfügt, sind ebenfalls dargestellt. Das Saugrohr **20** der Brennkraftmaschine **18** ist über eine Druckleitung **22** und ein Rückschlagventil **24** an den Druckspeicher **12** angeschlossen. Ferner ist eine weitere, von der Leitung **22** abgehende Leitung **26** vorgesehen, die zu weiteren Druckspeichern **14** führt, und in die eine Drossel **28** eingesetzt ist. Der Druck in der Unterdruckleitung **22** wird in einem Ausführungsbeispiel durch einen Drucksensor **30** er-

faßt, der über die elektrische Leitung 32 ein den Druck in der Druckleitung 22 repräsentierendes Signal an die elektronische Steuereinheit 16 übermittelt. Ferner ist eine Vakuumpumpe 34 skizziert, die über einen elektrischen Antriebsmotor 36 angetrieben wird. Von der Vakuumpumpe 34 geht eine Druckleitung 38 über ein Rückschlagventil 40 zur Druckleitung 22. Der elektrische Antriebsmotor 36 ist über eine mechanische Verbindung 38 mit der Pumpe 34 verbunden. Er wird über die elektrische Leitung 42 mit Versorgungsspannung VB beaufschlagt, wenn das Schaltelement 44, welches in der Zuführungsleitung 42 eingesetzt ist, geschlossen ist. Das Schaltelement 44 wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel durch ein Relais 46 betätigt, welches über die elektrische Leitung 48 von der elektronischen Steuereinheit 16 betätigt wird.

Das in Fig. 1 dargestellte Vakuummodul sieht eine elektromotorisch getriebene Vakuumpumpe vor, die durch ein elektronisches Steuergerät, welches speziell zum Betreiben der Vakuumpumpe, ein Steuergerät zur Steuerung der Antriebseinheit, der Bremsen, etc. des Fahrzeugs sein kann, eingeschaltet wird. Die Aktivierung findet statt, wenn festgestellt wird, daß kein ausreichender Unterdruck zum Betrieb der mit Unterdruck betriebenen Einrichtungen des Fahrzeugs verfügbar ist. Dazu wird gemäß einer ersten Ausführungsform ein am Vakuumspeicher angeschlossener Differenzdrucksensor, der als stetiger Sensor oder als Schalter ausgestaltet sein kann, eingesetzt. Das elektronische Steuergerät 16 schaltet dabei den Motor 36 und damit die Vakuumpumpe über das Relais 46 ein, wenn der gemessene Differenzdruck einen vorbestimmten Schwellenwert unterschreitet. Anstelle des Differenzdrucks wird in einer anderen Ausführung der absolute Druck ausgewertet. Ferner wird in einer Ausführung zusätzlich eine Diagnose des Unterdrucksystems vorgenommen, wobei bei angesteuerter Vakuumpumpe geprüft wird, ob sich ein Unterdruck aufbaut oder nicht. Baut sich kein Unterdruck auf beziehungsweise ist der Unterdruckaufbau nicht genügend, wird eine Fehlermeldung für den Fahrer und/oder den Kundendienst gesetzt. Zusätzlich können in diesem Fall zur Sicherstellung des Bremsunterdrucks Betriebszustände im Nullastbetrieb der Brennkraftmaschine verboten werden, bei denen sich kein Unterdruck aufbauen kann. Dies kann z. B. das Verbot von Katheizen durch Zündwinkelspätziehung oder bei Benzindirekteinspritzung das Verbot von Schichtbetrieb und Umschaltung auf gedrosselten homogen-mager oder homogenen $\lambda = 1$ -Betrieb sein.

Es kann ferner der korrekte Anschluß der Druckleitung zum Saugrohr diagnostiziert werden. Dazu wird bei nicht eingeschalteter Vakuumpumpe geprüft, ob bei Absinken des Saugrohrdrucks unter den gemessenen Druck im Druckspeicher, dieser ebenfalls sinkt.

Um die Vakuumpumpe möglichst selten zu betätigen und auf diese Weise die Sicherheitsstandards und die Lebensdauereigenschaften der Pumpe zu minimieren, ist vorgesehen, daß die Unterdruckbereitstellung bei einem Ottomotor wie heute über den Saugrohrunterdruck erfolgt. Dadurch wird ein bestmöglicher Wirkungsgrad des Gesamtsystems erreicht. Über eine Rückschlagventilanordnung wird die Unterdruckerzeugung durch die elektrische Vakuumpumpe zusätzlich nur dann eingeschaltet, wenn über den Drucksensor festgestellt wird, daß der Motor keinen ausreichenden Unterdruck bereitstellt. Die Rückschlagventilanordnung ist dabei derart, daß ein Entweichen des Unterdrucks über die Pumpe und/oder ins Saugrohr vermieden ist.

Anstelle der Ankopplung der Vakuumpumpe an die Druckleitung 22 über Rückschlagventile wird in einer anderen Ausführung ein Drei-Wege-Ventil verwendet, welches vom Steuergerät 16 angesteuert wird und mit dem zwischen

der Druckentnahme aus dem Saugrohr und der über die Vakuumpumpe umgeschaltet wird. Dadurch wird eine unerwünschte Druckentnahme aus dem Saugrohr verhindert.

In einem Ausführungsbeispiel wird die Vakuumpumpe nicht von einem eigenen Steuergerät oder einem anderen Steuergerät des Fahrzeugs, sondern von einem Steuergerät, welches die Antriebseinheit steuert, angesteuert. Dadurch wird eine Vereinfachung der Erweiterung der Aktivierungsbeziehungsweise Deaktivierungsbedingungen für die Vakuumpumpe ermöglicht. Zusätzlich zu der obengenannten Druckabhängigkeit der Ansteuerung der Vakuumpumpe wird diese aktiviert, wenn das Motorsteuerungssystem eine Betriebssituation erkennt, in der eine durch die Unterdruckbereitstellung zusätzliche Luftzufuhr in das Saugrohr störend wäre. Die durch die Unterdruckbereitstellung im Saugrohr entstehende zusätzliche Luftzufuhr ist in der Regel nicht bekannt, so daß sie über die herkömmlichen Luftmassenerfassungsmittel nicht ermittelt wird und störend auf die Motorsteuerung einwirkt. Eine solche Bedingung ist beispielsweise dann gegeben, wenn der Katalysator im Rahmen eines Thermoreaktorkonzepts, beispielsweise durch Sekundärluftzufuhr, aufgeheizt wird oder bei bestimmten Diagnosefunktionen, z. B. der Diagnose des Kraftstoffversorgungssystems, bei der die Korrekturgröße der Lambdaregelung auf das Erreichen unzulässiger Grenzen überwacht wird, was durch die ungemessene Luftzufuhr bei häufigen Bremsvorgängen der Fall sein kann.

Durch die Realisierung der Pumpenansteuerung im Steuergerät des Motors wird eine entsprechende Datenübertragung zu einem anderen Steuergerät (z. B. Bremsensteuergerät, Pumpensteuergerät, etc.) vermieden.

Eine Minimierung der Pumpenlaufzeit während der Katalysatorheizphase wird ferner dadurch erreicht, daß die Pumpe nach dem erstmaligen Unterdruckaufbau ausgeschaltet wird und nur dann wieder eingeschaltet wird, wenn während der Katalysatorheizphase der gemessene Unterdruck im wenigstens einen Speicher der wenigstens einen mit Unterdruck betriebenen Einrichtung eine vorgegebene Schwelle unterschreitet oder sich dem über einen Drucksensor gemessenen oder über ein Modell berechneten Saugrohrunterdruck in der Antriebseinheit bis auf einen Schwellenwert angenähert hat. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß die Pumpe immer rechtzeitig wieder eingeschaltet wird, bevor es zu einer Druckentnahme aus dem Saugrohr und somit zu einer störenden Leckluftzufuhr zur Brennkraftmaschine kommt.

Anstelle des Drucksensors wird in einer weiteren, kostengünstigen Ausführung ein Modell zur Abschätzung des Drucks am Druckspeicher eingesetzt. Die Abschätzung des Drucks im Unterdruckspeicher wird dabei durch Integration der Abweichung des Saugrohrdrucks vom Umgebungsdruck abgeleitet. In dieser Ausführung wird wie oben dargestellt die Vakuumpumpe immer dann angesteuert, wenn anzunehmen ist, daß während der Katalysatorheizphase eine Druckentnahme aus Saugrohr stören würde. Ferner wird in dieser Ausführung die Vakuumpumpe immer dann eingeschaltet, wenn davon ausgegangen wird, daß nicht genügend Unterdruck im Unterdruckspeicher vorhanden ist. Eine Aktivierung der Vakuumpumpe erfolgt daher beispielsweise bei Drehzahl 0 der Antriebseinheit oder wenn mehrere Bremsvorgänge oder ein Bremsvorgang bestimmter Länge in Betriebszuständen mit nicht ausreichendem Saugrohrunterdruck, zum Beispiel während der Katalysatorheizphase, stattgefunden haben. Während der Katalysatorheizphase, während der Zündwinkel nach spät verstellt ist (Momentenreserve), wird bei zu geringem Saugrohrunterdruck die Zündwinkelleinstellung beibehalten und zum Unterdruckaufbau die Vakuumpumpe eingeschaltet. Die Katalysator-

heizung kann also fortgeführt werden.

Neben einem Bremskraftverstärker sind im Fahrzeug weitere Einrichtungen vorhanden, die mit Unterdruck betrieben werden. Als Beispiel sei ein unterdruckunterstütztes Ventil für die Saugrohrumschaltung genannt. Diese weiteren Einrichtungen weisen ebenfalls Druckspeicher **14** auf, die von der Vakuumpumpe und/oder dem Antriebsmotor über eine Druckleitung **26** mit Unterdruck versorgt werden. In einer Ausführung ist beim Anschluß eines zusätzlichen Vakuumspeichers an den Speicher des Bremskraftverstärkers eine Drosselstelle **28** vorgesehen, welche den zusätzlichen Vakuumspeicher vom Speicher des Bremskraftverstärkers entkoppelt. Beim Abfall des Schlauches **26** zu dem zusätzlichen Speicher vom Vakuummodul **10** kann genügend Druck im Speicher des Bremskraftverstärkers durch einen Dauerbetrieb der Vakuumpumpe aufrecht erhalten werden, so daß selbst in diesem Fall die Bremskraftunterstützung weiterhin wirkt. Mit dieser Lösung wird die Unterdruckversorgung aller Einrichtungen des Fahrzeugs, die mit Unterdruck betrieben werden, mittels der Vakuumpumpe über eine Unterdruckleitung möglich.

In vorteilhafter Weise werden ferner Undichtigkeiten im Vakuumsystem erkannt, wenn bei nicht betätigter Bremse und ggf. nicht geschalteten Zusatzvakuumverbrauchern ein häufiges Einschalten der Vakuumpumpe erforderlich ist, um den Unterdruck zu halten.

In einem Ausführungsbeispiel sind die erforderlichen Komponenten Drucksensor, Rückschlagventile, Vakuumpumpe, Motor, Welle und gegebenenfalls Drosselstelle in einem Modul als einzige Einbaueinheit zusammengefaßt. Dadurch wird eine einfache Montage des vorgefertigten Moduls im Fahrzeug möglich.

Die Aktivierung beziehungsweise Deaktivierung der Vakuumpumpe im obengenannten Sinn wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als Rechnerprogramm einer Steuereinheit realisiert. Diese Steuereinheit kann ein separates Steuergerät zur Pumpenansteuerung sein oder ein neben der Motorsteuerung im Fahrzeug vorhandenes Steuergerät. Bei diesen Lösungen werden die zur Aktivierung und Deaktivierung der Vakuumpumpe notwendigen Informationen und Signale von der Motorsteuereinheit zugeführt. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel jedoch wird die Deaktivierung beziehungsweise Aktivierung der Vakuumpumpe direkt vom Motorsteuergerät aus vorgenommen. Die Realisierung als Rechnerprogramm ist anhand der Flußdiagramme der Fig. 2 bis 4 dargestellt.

Fig. 2 zeigt eine erste Ausführung der oben beschriebenen Vorgehensweise. Das dargestellte Programm wird mit Einschalten der Versorgungsspannung des entsprechenden Steuergeräts eingeleitet. Danach findet ein erster Unterdruckaufbau statt. Im Schritt **99** wird die Pumpe aktiviert und danach im Schritt **100** der gemessene oder aufgrund eines Modells abgeschätzte Druck am Druckspeicher der mit Unterdruck betriebenen Einrichtung eingelesen. Er wird im darauffolgenden Schritt **102** mit einem vorgegebenen Sollwert P_{Soll} verglichen. Solange der gemessene Druck kleiner als der Sollwert ist, wird die Pumpe aktiv gehalten und weiter Druck aufgebaut. Hat gemäß Schritt **102** der gemessene oder geschätzte Druck P den Solldruck P_{Soll} erreicht, wird gemäß Schritt **104** die Pumpe deaktiviert. Danach ist der erstmalige Unterdruckaufbau abgeschlossen. In einem Ausführungsbeispiel trägt neben der Pumpe auch die Brennkraftmaschine zum Unterdruckaufbau bei.

Nach dem erstmaligen Unterdruckaufbau wird gemäß Schritt **106** überprüft, ob ein Betriebszustand vorliegt, in dem eine nicht bekannte Luftzufuhr in das Saugrohr der Brennkraftmaschine störend wäre. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn eine thermoreaktive Katalysatorauf-

heizfunktion aktiv ist oder bestimmte Diagnosefunktionen. Ist dies nicht der Fall, wird der Unterdruck auf der Basis des gemessenen oder geschätzten Drucksignals aufrecht erhalten. Daher wird im Schritt **108** der Druck P am Unterdruckspeicher eingelesen und gemäß Schritt **110** mit dem Sollwert P_{Soll} verglichen. Ist der gemessene Druck unter den Soll-
druck gefallen, wird gemäß Schritt **112** die Pumpe aktiviert, befindet sich der gemessene Druck über dem Soll-
druck, so wird die Pumpe deaktiviert (Schritt **114**). Dabei ist bei dem Vergleich in Schritt **110** eine Hysterese eingebaut, um ein unnötiges Aktivieren und Deaktivieren der Pumpe zu vermeiden. Nach Schritt **112** beziehungsweise **114** wird das Programm mit Schritt **106** erneut durchlaufen.

Wird im Schritt **106** erkannt, daß ein wie oben dargestellter Betriebszustand vorliegt, wird im Schritt **116** der Unterdruck sowie der Saugrohrdruck im Saugrohr der Brennkraftmaschine eingelesen. Letzterer wird gemessen oder aufgrund eines Modells berechnet. Im darauffolgenden Abfrageschritt **118** wird der gemessene Unterdruck mit dem Saugrohrdruck verglichen und/oder der gemessene Unterdruck mit einem vorgegebenen Minimaldruck P_{min} . Wird in Schritt **118** erkannt, daß der Unterdruck sich dem Saugrohrdruck bis auf einen bestimmten Wert Δ genähert hat oder daß der Unterdruck unter den Minimaldruck gefallen ist, wird die Pumpe gemäß Schritt **112** aktiviert. Ist die in Schritt **118** überprüfte Bedingung nicht erfüllt, wird gemäß Schritt **114** die Pumpe deaktiviert beziehungsweise bleibt deaktiviert.

In einem anderen Beispiel wird bei Ja-Ergebnis der Abfrage **106** anstelle der Schritte **116** und **118** die Vakuumpumpe dauernd eingeschaltet, entsprechend der gestrichelten Linie **119**.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in Fig. 3 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Unterdruck im Druckspeicher der mit Unterdruck betriebenen Einrichtung auf der Basis eines Modells abgeschätzt. Ein Ablaufdiagramm zeigt die grundsätzlichen Zusammenhänge.

Der Unterdruck im Vakuumspeicher wird durch einen Integrator **204** modelliert, sein Ausgangssignal stellt den Druck im Vakuumspeicher dar. Sein Eingangssignal repräsentiert die Unterdruckentnahmeanteile durch Bremsvorgänge sowie Unterdruckaufbauanteile durch den Saugrohrunterdruck oder die Vakuumpumpe dar. Es ein gemessener oder über eine Modellbildung aus dem gemessenen Luftmassensignal berechnete Saugrohrdruck PS und ein den Umgebungsdruck P_{AMB} repräsentierendes Drucksignal zugeführt. Auf der Basis dieser beiden Drucksignale wird erkannt, ob ein ausreichender Unterdruck im Speicher vorhanden ist oder nicht. Dabei wird der Druck im Druckspeicher durch ein nachfolgend beschriebenes, einfaches Modell nachgebildet.

Der Integrator wird zunächst bei einem Signal aus der K115 ein resetiert. Sein Ausgang $PDS\text{-}ist$ wird dadurch zu Null und der Vergleich **10** mit dem Soll- $PDS\text{-}sollVP$ liefert ein Signal kleiner 0, das über das Hystereseglied **252**, den Inverter **254** und das Oderglied **256** zum Einschalten der Vakuumpumpe führt. Gleichzeitig wird auf den Eingang des Integrators das Druckerhöhungssignal durch die Vakuumpumpe $DPVP$ geschaltet. Dies führt (auch bei Drehzahl Null) zum Anstieg von $PDS\text{-}ist$ bis auf $PDS\text{-}soll + DPHYS$ und dadurch zum Abschalten der VP (Verknüpfungsstelle **258**). Die VP wird über **256** auch während Katheizen (Bedingung $B\text{-}Kath$ aktiv) eingeschaltet, um Störungen der Gemischbildung zu verhindern.

Zunächst wird in der Verknüpfungsstelle **200** die Abweichung zwischen Saugrohrdruck PS und Umgebungsdruck P_{AMB} gebildet. Der Saugrohrdruck kann dabei über einen Drucksensor gemessen oder über ein Saugrohrmodell be-

rechnet werden. Die Abweichung DPS wird einer weiteren Verknüpfungsstelle 202 zugeführt, in der von der Abweichung DPS das Ausgangssignal PDS_IST des Integrators (Konstante KT) 204 abgezogen wird. Die Differenz zwischen der Druckabweichung und dem Integratorstand wird in einer Multiplikationsstelle 206 mit einem Faktor FDPDS gewichtet, welcher näherungsweise die Zeitkonstante des Druckspeichers in Verbindung mit der Drosselstelle für die Druckentnahme darstellt. Die gewichtete Größe dient dem Integrator 204 als weiteres Eingangssignal. Das Ausgangssignal des Integrators PDS_IST wird in der zweiten Verknüpfungsstelle 208 mit einem Sollwert PDS_Soll verglichen. PDS-soll ist der Wert (z. B. 500 hPa), der über den Saugrohrunterdruck erreicht werden soll, er liegt höher als der Wert PDS-SollVP (z. B. 450 hPa), bei dessen Unterschreitung die Vakuumpumpe eingeschaltet wird. Liegt der Modelldruck PDS_IST um einen Hysteresewert DPHYS über dem Solldruck, wird der Ausgang des Hystereseglieds 209 zu Null und die Druckdifferenz dpds · FDPDS wird vom Eingang des Integrators abgekoppelt (Schaltelement 210). In diesem Fall wurde über den Saugrohrunterdruck genügend Druck im Druckspeicher aufgebaut, so daß die Vakuumpumpe nicht eingeschaltet werden muß. Liegt der Istwert dagegen unter dem Sollwert, wird als weitere Bedingung, die durch den Schwellenschalter 212 und die Und-Verbindung 214 gegeben ist, das Differenzsignal dpds · FDPDS nur dann auf den Eingang des Integrators aufgeschaltet, wenn dieses Signal größer Null ist, d. h. wenn der gemessene oder berechnete Saugrohrdruck unter dem Modelldruck im Druckspeicher liegt, da nur dann eine Evakuierung stattfinden kann. Der Integrator kann also über diesen Pfad nur erhöht werden, wenn der gemessene oder berechnete Saugrohrdruck unter dem Modelldruck im Druckspeicher liegt und der Istdruck im Druckspeicher kleiner als der Solldruck ist. Sinkt der Modelldruck im Druckspeicher über die nachfolgend beschriebene Druckentnahme durch Bremsvorgänge unter den Wert PDS-soll-VP ohne daß er vorher durch den Saugrohrunterdruck angehoben wird, wird die VP wie oben beschrieben eingeschaltet und läuft bis der Hysteresewert DPHYSVP überschritten wird. Dieser wird vorzugsweise so gewählt, daß der Endmodelldruck gleich ist wie für den druckgespeisten Pfad, das heißt $PDS\text{-}ist + DPHYS = PDS\text{-}istVP + DPHYSVP$.

Wird der Integrator sowohl durch Saugrohrunterdruck, als auch durch die Vakuumpumpe gespeist, erhöht er sich entsprechend schneller auf den Endwert und die Pumpe wird früher abgeschaltet. Die Druckentnahme aus dem Unterdruckspeicher wird dadurch nachgebildet, daß die folgenden Größen, gewichtet mit dem vorhandenen Modelldruck im Speicher, vom Eingangssignal des Integrators abgezogen werden: Ein konstanter dauernd wirkender Anteil DPVERL, um einen geringen Druckverlust durch Undichtheiten nachzubilden, ein konstanter, größerer Wert, der abgezogen wird, solange der Bremschalter betätigt ist, um Modulationen im Bremsdruck und die resultierende Druckentnahme nachzubilden und ein noch größerer Wert, der nur nach Betätigen des Bremschalters für eine gewisse Zeit abgezogen wird, um die beim Betätigen der Bremse erfolgende Druckentnahme nachzubilden. Um diese Werte zu berücksichtigen, wird der Status des Bremslichtschalters S_BL zugeführt. Ist der Status gleich 1, d. h. das Bremspedal betätigt, was im Vergleich 216 erkannt wird, wird das Schaltelement 218 geschlossen und der zweite obengenannte Wert DPBRD in einer Verknüpfungsstelle 220 aufgeschaltet. Dieses Signal wird einer weiteren Verknüpfungsstelle 222 zugeführt, in dem der Druckverlustwert DPVERL aufgeschaltet wird. Diese Signale werden einer Wichtungsstelle 224 zugeführt, der ferner der Modelldruck PDS_Ist zugeführt wird. Der ge-

wichtete Modelldruck wird dann in der Verknüpfungsstelle 226 vom Eingangssignal des Integrators abgezogen. Dadurch wird die Druckentnahme berücksichtigt. Der Verknüpfungsstelle 220 wird ferner wie oben dargestellt ein weiterer Wert DPBRT zugeführt, der bei positiver und/oder negativer Flanke des Bremslichtschaltersignals aufgeschaltet wird. Im Vergleich 128 wird eine Flanke des Bremslichtschaltersignals erkannt und dann ein Zeitzähler 230 gestartet. Dieser gibt für die Zeit T ein Signal ab, welches einen vorgegebenen Wert DPBRT der Verknüpfungsstelle 220 aufschaltet. Ist die Zeit nach Betätigen des Bremschalters abgelaufen, wird die Wichtung in der Wichtungsstelle 232 derart beeinflusst, daß der Wert DPBRT nicht mehr aufgeschaltet wird.

Das beschriebene Modell ist einfach und kann in anderen Ausführungen noch detaillierter ausgeführt werden. Die verwendeten Größen sind fest vorgegeben und werden je nach Anwendungsfall appliziert. Charakteristisch am Modell ist, daß der Modellunterdruck im Vakuumspeicher durch den Saugrohrunterdruck und die Vakuumpumpe erhöht und durch Bremsvorgänge verringert werden kann und daß die Vakuumpumpe eingeschaltet wird, wenn der Modellunterdruck geringer ist als ein vorgegebener Wert. Das Integral der Abweichung zwischen Saugrohrdruck und Umgebungsdruck.

Wie oben erwähnt bietet die druckabhängige Steuerung der Vakuumpumpe auch die Möglichkeit, das Unterdrucksystem zu diagnostizieren. Eine bevorzugte Vorgehensweise ist anhand des Flußdiagramms der Fig. 4 dargestellt. Nach Start des Diagnoseprogramms zu vorgegebenen Zeitpunkten wird im ersten Schritt 300 überprüft, ob die Pumpe gerade angesteuert wird. Ist dies nicht der Fall, wird das Programm beendet und zum nächsten Zeitpunkt erneut durchlaufen. Wird die Pumpe angesteuert, was auf der Basis des Ausgangszustandes des Steuergerätes festgestellt wird, wird der Unterdruck P gemäß Schritt 302 zu wenigstens 2 unterschiedlichen Zeitpunkten eingelesen. Daraufhin wird im Schritt 304 überprüft, ob eine Druckänderung durch die Pumpe stattgefunden hat beziehungsweise ob die Druckänderung innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbandes liegt. Ist dies nicht der Fall, wird von einem Fehler ausgegangen, der gemäß Schritt 306 angezeigt wird, entspricht die Druckänderung den Erwartungen, wird von einem funktionsfähigen System ausgegangen, das Programm beendet und zum nächsten Zeitpunkt erneut durchlaufen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen von Unterdruck in einem Fahrzeug, mit einer Pumpe (34), welche wenigstens eine mit Unterdruck betriebene Einrichtung (12) im Fahrzeug mit Unterdruck versorgt, wobei der Unterdruck im Bereich der Einrichtung ermittelt wird und die Pumpe aktiviert wird, wenn der ermittelte Unterdruck einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Unterdruckpumpe ferner abhängig vom Betriebszustand der Antriebseinheit des Fahrzeugs aktiviert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebszustand zum Einschalten der Unterdruckpumpe dann vorliegt, wenn davon auszugehen ist, daß nicht genügend Unterdruck durch die Antriebseinheit vorhanden ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebszustand dann vorliegt, wenn die Drehzahl der Antriebseinheit 0 ist.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor eine Brennkraftma-

schine ist und der Betriebszustand dann vorliegt, wenn bei nicht ausreichendem Saugrohrunterdruck mehrere Bremsvorgänge oder ein Bremsvorgang länger als eine vorbestimmte Dauer erfolgt sind.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Antriebsmotor eine Brennkraftmaschine ist und der Betriebszustand dann vorliegt, wenn eine durch die Unterdruckentnahme aus dem Saugrohr erzeugte zusätzliche Luftzufuhr auf die Abgaszusammensetzung der Brennkraftmaschine störend sich auswirkt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Betriebszustand dann vorliegt, wenn ein Katalysator geheizt oder wenn Diagnosefunktionen durchgeführt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang der Unterdruckpumpe über Rückschlagventile an eine Druckversorgungsleitung vom Saugrohr einer Brennkraftmaschine zum Druckspeicher der mit Unterdruck betriebenen Einrichtung angekoppelt ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck mittels eines Absolutdrucksensors gemessen wird, der den Absolutdruck im Druckspeicher mißt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterdruck mittels eines Differenzdrucksensors gemessen wird, der die Druckdifferenz zwischen Speicher und Umgebung mißt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktivierung der Unterdruckpumpe in einem separaten Pumpensteuergerät, oder einem Steuergerät im Fahrzeug, insbesondere einem Motorsteuergerät, stattfindet.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Katalysatorheizphase mit Sekundärluft die Unterdruckpumpe dauernd eingeschaltet ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Unterdruckpumpe während einer Katalysatorheizphase dann eingeschaltet wird, wenn der Druck bis auf einen vorgegebenen Schwellenwert an den Saugrohrdruck der Brennkraftmaschine herankommt.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck durch ein Druckmodell in Abhängigkeit von Ersatzgrößen wie Umgebungsdruck und Saugrohrdruck, und/oder angenommene Größen für Druckentnahme bei Bremsvorgängen und Druckaufbau durch die Vakuumpumpe bestimmt wird.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe eingeschaltet wird, wenn der Modelldruck geringer als ein vorgegebener Wert geworden ist.

15. Verfahren zum Bereitstellen von Unterdruck in einem Fahrzeug, mit einer Pumpe (34), welche wenigstens eine mit Unterdruck betriebene Einrichtung (12) im Fahrzeug mit Unterdruck versorgt, wobei der Unterdruck im Bereich der Einrichtung ermittelt wird und die Pumpe aktiviert wird, wenn der ermittelte Unterdruck einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Diagnose des Unterdrucksystems erfolgt, indem bei angesteuerter Pumpe eine Änderung des Unterdrucks überwacht wird und wenn die Druckänderung bei angesteuerter

Pumpe der erwarteten Änderung nicht entspricht, der Fehler dem Fahrer oder Kundendienst angezeigt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem erkannten Fehler der Vakuumpumpe Maßnahmen der Motorsteuerung eingeleitet werden, die den Unterdruck auch ohne Pumpe sicherstellen, z. B. Verbot von Katheizmaßnahmen durch Zündwinkelspätziehung oder Umschaltung auf gedrosselten Homogenbetrieb bei Benzindirekteinspritzung.

17. Verfahren zum Bereitstellen von Unterdruck in einem Fahrzeug, mit einer Pumpe (34), welche wenigstens eine mit Unterdruck betriebene Einrichtung (12) im Fahrzeug mit Unterdruck versorgt, wobei der Unterdruck im Bereich der Einrichtung ermittelt wird und die Pumpe aktiviert wird, wenn der ermittelte Unterdruck einen vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Fehler des Unterdrucksystems angezeigt wird, wenn bei nicht betätigter Bremse oder nicht geschalteten Zusatzverbrauchern ein häufiges Einschalten der Vakuumpumpe zum Halten des Unterdrucks erkannt wird.

18. Verfahren zum Bereitstellen von Unterdruck, dadurch gekennzeichnet, daß wenn der Saugrohrdruck niedriger ist als der Druck im Vakuumspeicher und dann kein Absinken des Speicherdrucks erkannt wird, auf einen Fehler in der Anschlußleitung zum Saugrohr geschlossen wird.

19. Vorrichtung zum Betreiben einer Unterdruckpumpe in einem Fahrzeug, mit einer elektromotorisch angetriebenen Unterdruckpumpe (34), welche Unterdruck für wenigstens eine mit Unterdruck arbeitenden Einrichtung (12) im Fahrzeug bereitstellt, mit einem Steuergerät (16), welches ein Maß für den herrschenden Unterdruck ermittelt und welches bei Unterschreiten eines vorgegebenen Schwellenwertes durch den ermittelten Unterdruck die Pumpe aktiviert, dadurch gekennzeichnet, daß das Steuergerät (16) bei Vorliegen wenigstens eines vorgegebenen Betriebszustandes der Antriebseinheit des Fahrzeugs die Pumpe zusätzlich aktiviert.

20. Vorrichtung zur Bereitstellung von Unterdruck in einem Fahrzeug, mit einer Unterdruckpumpe (34), Rückschlagventile (24, 38), über die die Unterdruckpumpe an eine Druckversorgungsleitung (22) vom Saugrohr einer Brennkraftmaschine angeschlossen ist, mit einem Elektromotor (36), einem Einschaltmittel (44, 46), wobei diese Komponenten zu einem Modul (10) als Einbaueinheit zusammengefaßt sind, wobei an das Modul ein Steuergerät zum Schalten des Einschaltmittels angeschlossen werden kann.

21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ferner an die Vakuumpumpe weitere Vakuumverbraucher angeschlossen sind, wobei diese über eine Drossel vom Speicher eines Bremskraftverstärkers entkoppelt sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

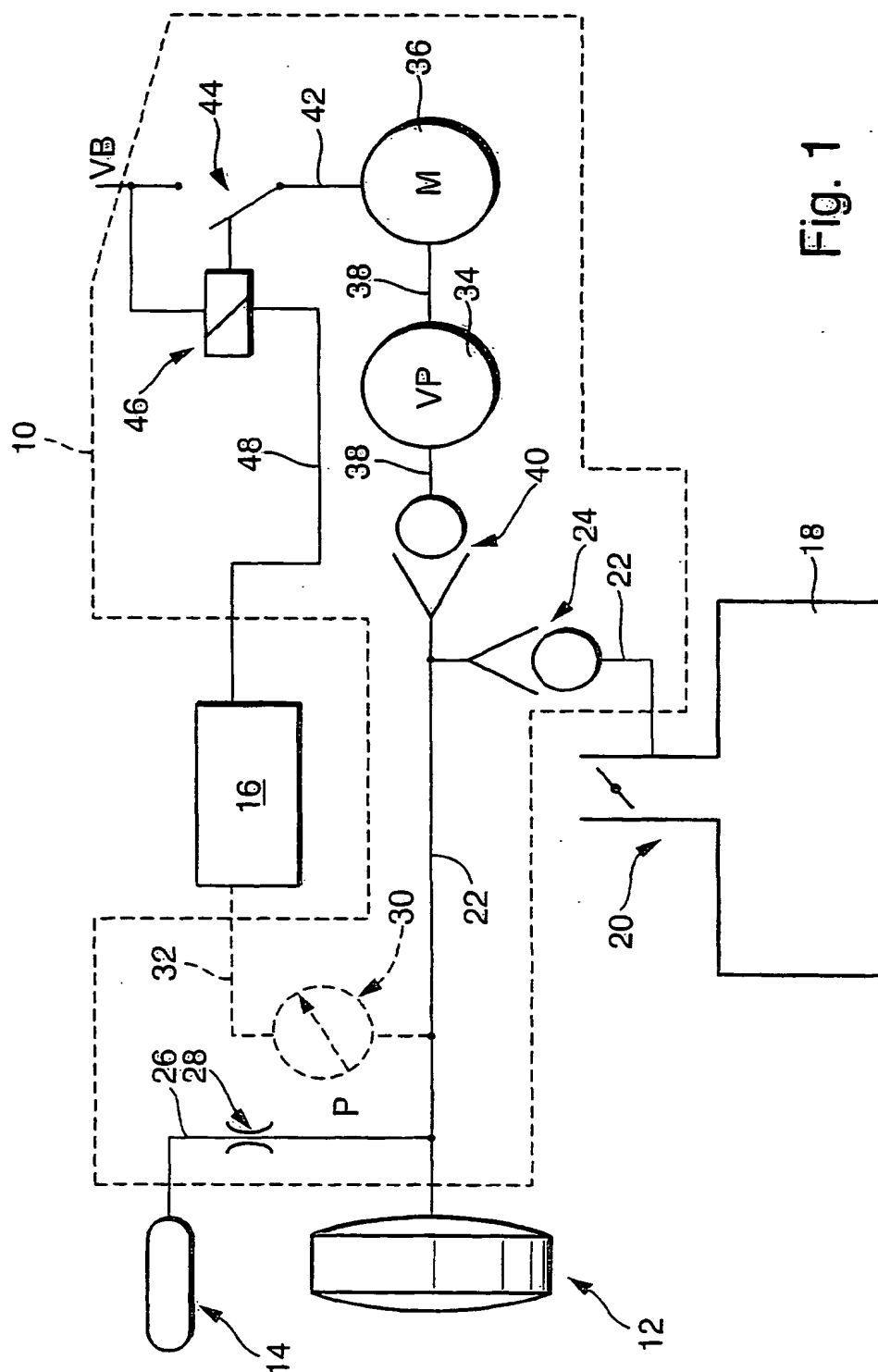


Fig. 1

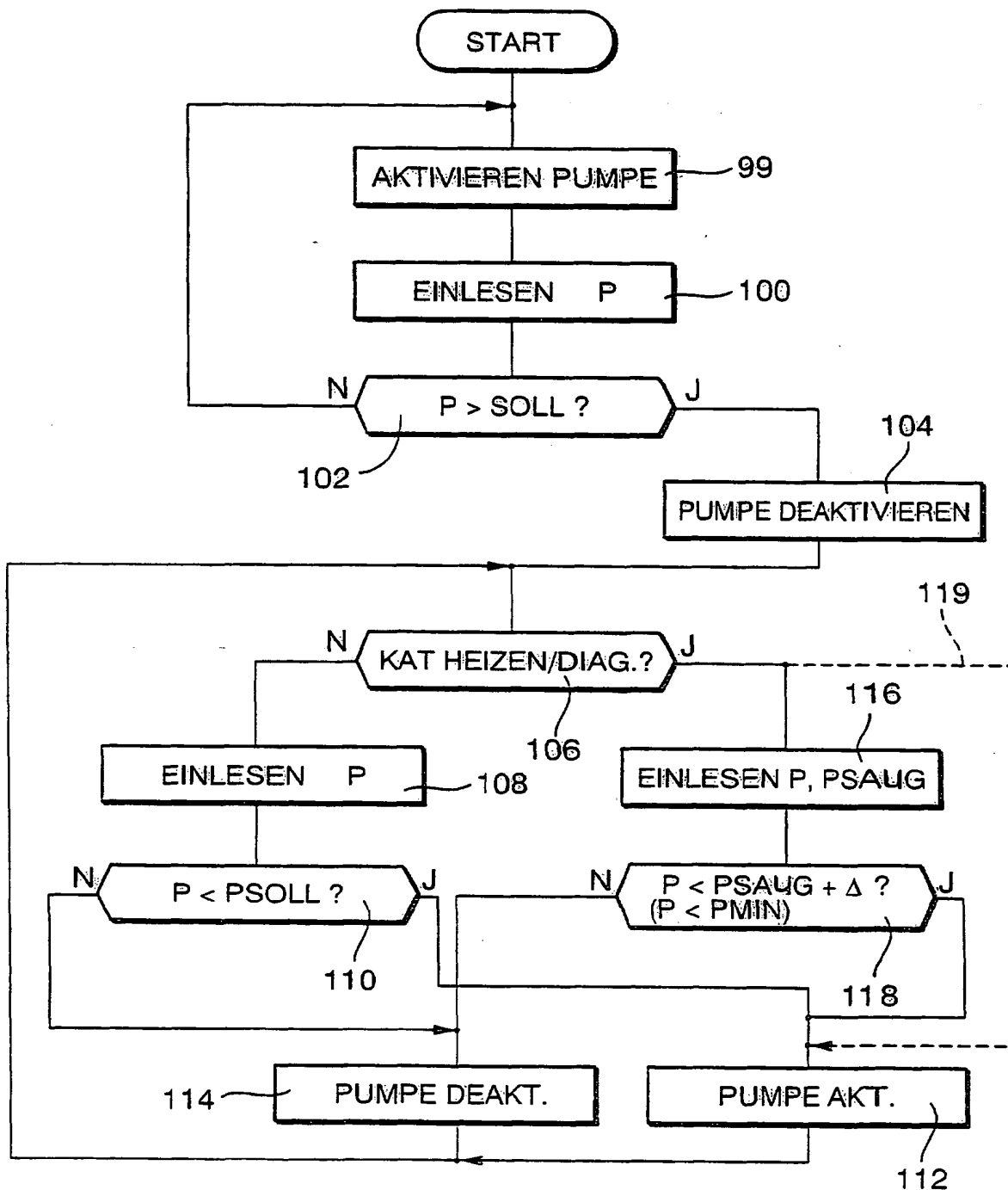


Fig. 2

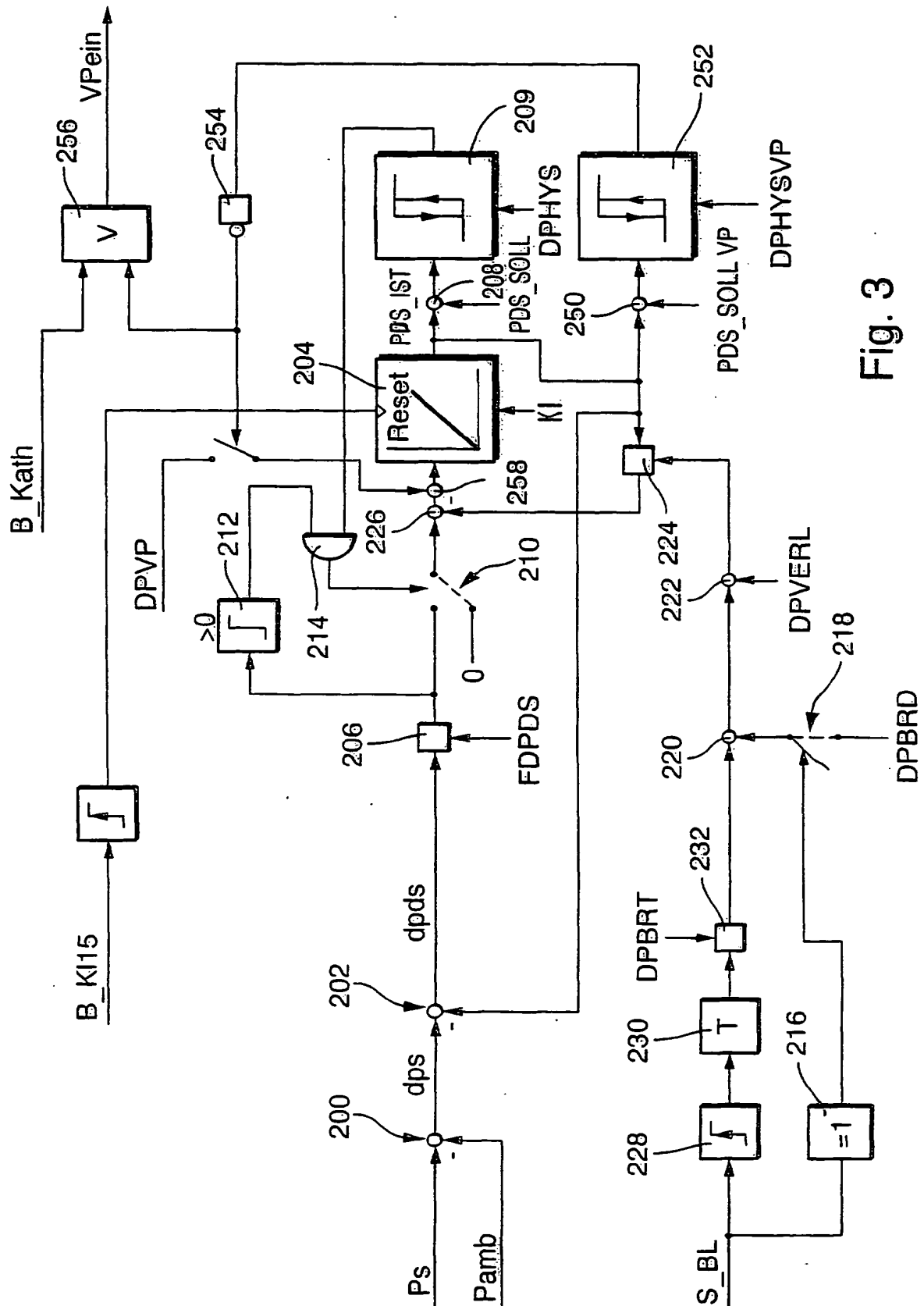


Fig. 3

